
SYSTEMIC STUDY OF PIPE DRAIN CONSTRUCTION PROCESSING

SYSTÉMOVÉ ZPRACOVÁNÍ STUDIE KONSTRUKCE TRATIVODU

Petr Navrátil¹

Abstract

In order to prevent mixing of pipe drain backfill with sub-ballast layer material a filtration criterion has to be fulfilled – according to regulation SŽDC S4 Železniční spodek. This article presents a systemic study of the filtration criterion verification according to TNŽ 73 6949 between different pipe drain backfills and trackbed layers; it also validates the filtration functionality of different geotextiles. Lastly, the impact of this study is discussed with regard to the current standards and regulations.

Keywords

filtration criterion, pipe drain construction, trackbed layer material, backfill of the pipe drain, geotextile, grain-size curve

Abstrakt

Aby při návrhu konstrukce trativodu nedošlo k promísení zásypu trativodní rýhy s materiálem zemního tělesa a konstrukční vrstvy, musí být dle předpisu SŽDC S4 Železniční spodek splněno filtrační kritérium. Článek se zabývá ověřením filtračního kritéria podle TNŽ 73 6949 mezi různými materiály výplně trativodu a konstrukční vrstvy a ověřením filtrační funkce geotextilií s dopady do úprav stávajících předpisů a norem.

Klíčová slova

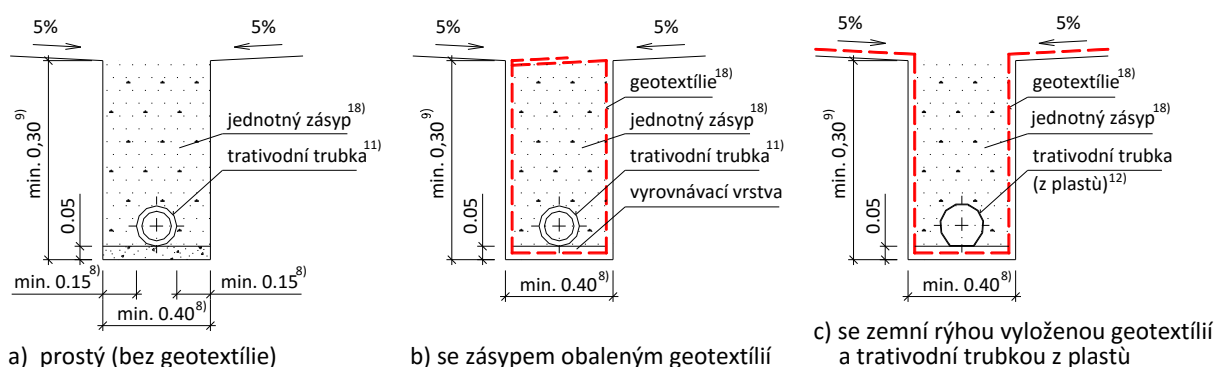
filtrační kritérium, konstrukce trativodu, materiál konstrukční vrstvy, výplň trativodu, geotextilie, křivka zrnitosti

¹ Petr Navrátil, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb, Veveří 331/95, 602 00 Brno, navratil.p@fce.vutbr.cz

1. ÚVOD

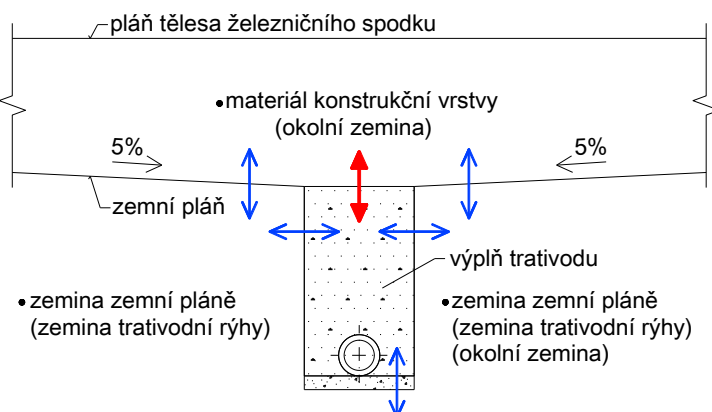
V železničním stavitelství se pro odvedení povrchových a podzemních vod z tělesa železničního spodku používají otevřená a krytá odvodňovací zařízení. Jednou z možností krytého odvodňovacího zařízení sloužícího k odvedení prosakující srážkové a podzemní vody z tělesa železničního spodku je použití podélného a příčného trativodu. Návrh konstrukce trativodů se provádí podle Vzorového listu železničního spodku Ž 3 a TNŽ 73 6949 [1, 2].

Podle vzorového listu železničního spodku Ž 3 lze trativod navrhnout třemi způsoby (viz Obr. 1.), tj. bez použití filtrační geotextilie, trativod se zásypem obaleným geotextilií nebo s trativodní rýhou vyloženou geotextilií. Volba vhodné konstrukce a s tím související použití filtrační geotextilie v konstrukci trativodu je závislá na splnění filtračního kritéria podle TNŽ 73 6949 mezi zeminou zemní pláň nebo okolní zeminou a výplní trativodu (modrými šipkami zobrazeno na Obr. 2.). Není-li kritérium splněno, musí být podle předpisu SŽDC S4 Železniční spodek mezi tyto materiály vložena filtrační geotextilie [3].



Obr. 1. Příčné řezy trativodů s jednotnou trativodní výplní [1]

Při navrhování těchto konstrukcí jsou projektanti nuceni řídit se právně platnými předpisy a normami. Norma TNŽ 73 6949 se ověřením filtračního kritéria na rozhraní materiálu výplně trativodu a konstrukční vrstvy nezabývá a v praxi dochází k tomu, že trativody navržené se zásypem obaleným geotextilií neplní svoji funkci. Geotextilie položená mezi materiálem konstrukční vrstvy a výplní trativodu se zanáší a vlivem toho dochází ke snížení její propustnosti. Článek se zabývá ověřením filtračního kritéria početním způsobem mezi různými materiály výplně trativodu a předepisovanými materiály do konstrukčních vrstev (červenou šipkou zobrazeno na Obr. 2.). Součástí je i ověření filtrační funkce vybraných geotextilií používaných do konstrukce trativodu a na základě výsledků ověření filtračních kritérií doporučit vhodnou konstrukci trativodu s přihlédnutím na způsob uložení geotextilie.



Obr. 2. Oblasti posouzení filtračního kritéria

2. FILTRAČNÍ KRITÉRIUM

Filtrační kritérium na rozhraní materiálu konstrukční vrstvy nebo výplně trativodu s materiálem zemní pláně se posuzuje podle TNŽ 73 6949 Odvodnění železničních tratí a stanic [2].

Pro ověření filtračního kritéria mezi materiálem konstrukční vrstvy a výplní trativodu je použito jiné označení proměnných a rovnice jsou upraveny pro tento případ takto:

$$\text{a) } \frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \qquad \text{b) } \frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 25 \qquad \text{c) } \frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5$$

kde: $D_{15,50}$ je průměr zrna materiálu výplně trativodu při 15 % a 50 % propadu vypočítaný z rovnice regrese [mm],

$d_{15,50,85}$ je průměr zrna materiálu konstrukční vrstvy při 15 %, 50 %, a 85 % propadu vypočítaný z rovnice regrese [mm].

Z podmínky a) vyplývá, že průměr zrna D_{15} hrubozrnného materiálu, tedy výplně trativodu, musí být menší nebo roven pětinasobku průměru zrna d_{85} jemnozrnného materiálu, v tomto případě materiálu konstrukční vrstvy. Splněním této podmínky nedojde v místě kontaktu obou materiálů k jejich vzájemnému promísení. Současně, aby byla zaručena dostatečná propustnost výplně trativodu, musí být splněna podmínka c), kde průměr zrna D_{15} hrubozrnného materiálu musí být větší nebo roven pětinasobku průměru zrna d_{85} jemnozrnného materiálu. Aby bylo filtrační kritérium splněno, musí vyhovět všechny tři podmínky.

3. POSOUZENÍ FILTRAČNÍ FUNKCE GEOTEXTILÍ

Geotextilie s filtrační funkcí musí splňovat požadavky podle předpisu SŽDC S4 Železniční spodek a OTP Geotextilie v tělese železničního spodku [3, 4].

Aby nedocházelo k vnikání jemných částí zeminy, ve které je trativodní rýha zřízena do výplně trativodu, musí geotextilie splňovat podmínku d). Vzhledem k tomu, že se předpis SŽDC S4 Železniční spodek nezabývá ověřením filtrační funkce geotextilie mezi materiálem konstrukční vrstvy a výplní trativodu, byla tato podmínka použita i pro posouzení mezi těmito materiály:

$$\text{d) } d_{t\max} < d_{90}$$

kde: $d_{t\max}$ je maximální velikost průlin geotextilie [mm],

d_{90} je průměr zrna materiálu konstrukční vrstvy při 90 % propadu vypočítaný z rovnice regrese [mm].

Současně pro splnění filtrační funkce musí geotextilie splňovat všechny technické požadavky uvedené v Tab. 1.

Tab. 1. Požadavky na geotextilie s filtrační funkcí [4]

Charakteristika	Jednotka	Technický požadavek	Zkušební metoda
Velikost otvoru $d_{t\max}$ ^{x)} v geotextilii	μm	hodnota deklarovaná	prEN ISO 12956
Pevnost v tahu při porušení (podélná, příčná síla)	kN·m ⁻¹	min. 5	ČSN EN ISO 10319
Protažení při porušení (podélné, příčné)	%	max. 80	ČSN EN ISO 10319
Odolnost proti statickému protržení (zkouška CBR)	kN	min. 2	ČSN EN ISO 12236
Součinitel filtrace kolmo na rovinu geotextilie při zatížení 20 kPa	m·s ⁻¹	větší než 1×10 ⁻³	ČSN 80 6135 ¹⁾

^{x)} $d_{t\max}$ – maximální velikost otvoru v geotextilii

¹⁾ norma zrušena, posuzuje se dle EN ISO 11058

Poslední podmínkou pro splnění filtrační funkce je ověření, zda propustnost kolmo na rovinu výrobku, která je podle ČSN EN ISO 11058 charakterizovaná filtračním součinitelem k_{gn} [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$], je větší než požadovaná hodnota uvedená v Tab. 1. Tato hodnota musí být současně větší než hodnota filtračního součinitele $k_f = 1 \times 10^{-4}$ [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] pro velmi propustné materiály na základě předpisu SŽDC S4 Železniční spodek. Pro přehlednost je tato podmínka přepsána do následujícího tvaru:

$$e) \quad k_{gn} > 1 \times 10^{-3} > k_f$$

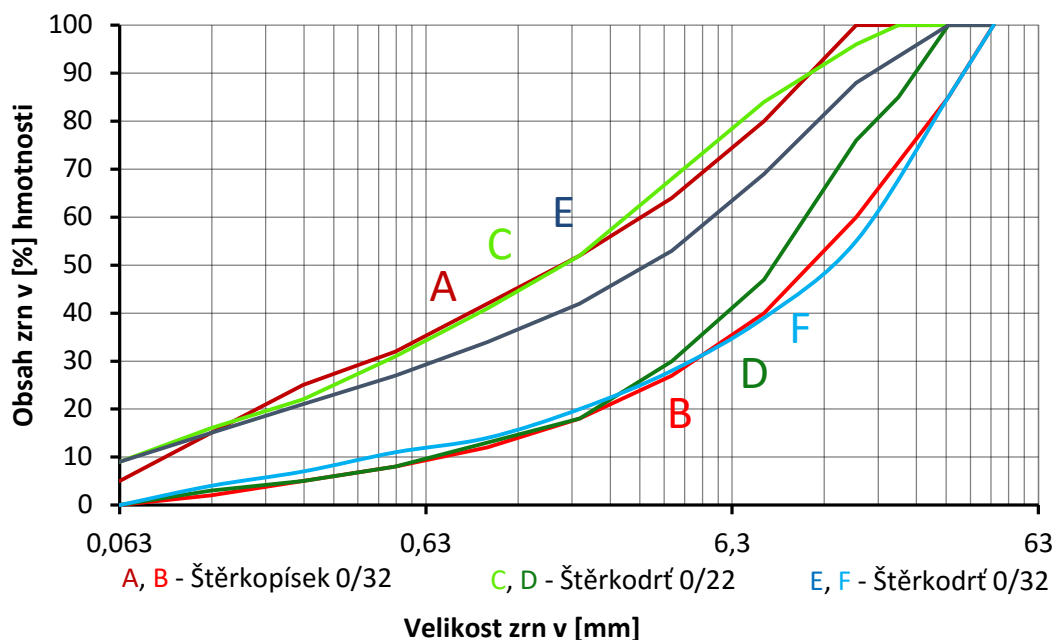
kde: k_{gn} je filtrační součinitel geosyntetika kolmo na rovinu výrobku [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

k_f je filtrační součinitel vyjadřující propustnost materiálu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

4. POUŽITÉ MATERIÁLY

4.1. Materiály konstrukční vrstvy

Pro ověření filtračního kritéria byly zvoleny materiály podle předpisu SŽDC S4 Železniční spodek, Příloha 14, která předepisuje pro zřizování konstrukčních vrstev štěrkopísek frakce 0/32 (d/D), štěrkodrt frakce 0/32 a 0/22 (d/D). Aby byla prokázána předepsaná zrnitost navržených materiálů v konstrukční vrstvě, musí křivky zrnitosti těchto materiálů padnout do předepsaných mezí. Na základě tohoto požadavku byly pro posouzení použity mezní křivky zrnitosti uvedené na Obr. 3.



Obr. 3. Mezní křivky zrnitosti materiálů konstrukčních vrstev [3]

4.2. Materiály výplně trativodu

Požadavky na vlastnosti materiálů do výplně trativodu jsou uvedeny v příloze 19 předpisu SŽDC S4 Železniční spodek [3].

Největší přípustná velikost zrna výplně trativodu je 63 mm, a proto byly pro ověření filtračního kritéria zvoleny štěrky různé zrnitosti. Jedná se zejména o frakce 8/11, 8/16, 8/22, 8/32, 11/16, 11/22, 11/32, 16/22, 16/32 a 22/32 (d/D). Vzhledem k tomu, že se nepodařilo získat nebo stanovit číselné vyjádření mezních hodnot propadu zrn v procentuální hmotnosti těchto materiálů, staly se klíčovými podklady křivky zrnitosti různých frakcí hrubého drceného kameniva z řady kamenolomů (tj. Bílčice, Bohučovice, Bystřec, Dačice, Děpoltovice, Deštná, Horní Tašovice, Chlum, Chornice, Chraberce, Chrtínky, Jakubčovice, Kladno, Kobylí, Košťálov, Lhota Rapotina, Libochovany, Ořechov, Litice u Plzně, Písek, Plaňany, Plešovice, Pňovany, Podhůra, Svrčovec, Ševětín, Těškov a Valšov I.).

Rozsah výroby výše uvedeného výčtu frakcí kameniva se liší podle jednotlivých těžeben, což má za následek různé zastoupení a omezenou dostupnost některých frakcí. V důsledku toho je zastoupení frakce 8/22 (d/D) pouze z jednoho kamenolomu a v článku nejsou zahrnuty výsledky ověření filtračního kritéria pro materiály frakce 11/32 a 22/32 (d/D), které se běžně nevyrábějí.

5. METODIKY OVĚŘENÍ FILTRAČNÍCH KRITÉRIÍ

5.1. Filtrační kritérium bez použití geotextilie s filtrační funkcí

K výpočtu hodnot potřebných pro ověření filtračního kritéria podle podmínek uvedených v kapitole 2 byly použity rovnice regrese z vytvořených grafů křivek zrnitosti pro různé materiály výplně trativodu a konstrukčních vrstev. Každá rovnice má lineární funkci popsanou grafem přímky. Do rovnic byly za proměnnou y dosazeny hodnoty vyjadřující obsah zrn v procentuální hmotnosti a matematicky vyjádřeny proměnné x . Výsledné hodnoty jsou rovny velikosti průměru zrna při 15 % a 50 % propadu (D_{15} a D_{50}) pro materiály výplně trativodu a při 15 %, 50 % a 85 % propadu (d_{15} , d_{50} a d_{85}) pro materiály konstrukčních vrstev v [mm]. Rovnice regrese materiálů výplně trativodu a konstrukčních vrstev (KV) jsou uvedeny v Tab. 2. a Tab. 3.

Tab. 2. Velikost průměru zrna materiálů výplně trativodu

Kamenolom	Štěrka frakce (d/D)	Rovnice regrese		Velikost zrn v [mm]	
		D_{15}	D_{50}	D_{15}	D_{50}
Valšov I.	8/11	$y = 26,281 x - 195,850$	$y = 26,281 x - 195,850$	8,023	9,355
Deštná		$y = 27,719 x - 218,650$	$y = 27,719 x - 218,650$	8,429	9,692
Chraberce	8/16	$y = 16,563 x - 121,500$	$y = 16,563 x - 121,500$	8,241	10,354
Písek		$y = 6,469 x - 50,150$	$y = 14,250 x - 137,300$	10,072	13,144
Kladno	8/22	$y = 7,775 x - 60,200$	$y = 7,775 x - 60,200$	9,672	14,174
Jakubčovice	8/32	$y = 2,363 x - 16,000$	$y = 4,500 x - 50,200$	13,122	22,267
Podhůra		$y = 2,938 x - 14,000$	$y = 4,391 x - 37,250$	9,872	19,872
Chraberce	11/16	$y = 18,958 x - 208,330$	$y = 18,958 x - 208,330$	11,780	13,626
Chrtínky		$y = 17,292 x - 179,670$	$y = 17,292 x - 179,670$	11,258	13,282
Bohučovice	11/22	$y = 9,479 x - 96,667$	$y = 9,479 x - 96,667$	11,780	15,473
Plešovice		$y = 4,688 x - 51,000$	$y = 11,063 x - 153,000$	14,080	18,349
Chlum	16/22	$y = 13,906 x - 216,500$	$y = 13,906 x - 216,500$	16,647	19,164
Podhůra		$y = 13,141 x - 195,850$	$y = 13,141 x - 195,850$	16,045	18,709
Bohučovice	16/32	$y = 4,031 x - 62,200$	$y = 6,868 x - 125,750$	19,151	25,589
Kobylí		$y = 8,453 x - 121,050$	$y = 8,453 x - 121,050$	16,095	20,235

Tab. 3. Velikost průměru zrna materiálů konstrukčních vrstev

Materiál KV	Mez	Rovnice regrese				Velikost zrn v [mm]			
		d_{15}	d_{50}	d_{85}	d_{90}	d_{15}	d_{50}	d_{85}	d_{90}
ŠP 0/32	A	$y = 80,000 x + 5,000$	$y = 10,000 x + 32,000$	$y = 2,500 x + 60,000$	$y = 2,500 x + 60,000$	0,125	1,800	10,000	12,000
	B	$y = 6,000 x + 6,000$	$y = 2,500 x + 20,000$	$y = 1,154 x + 48,077$	$y = 1,154 x + 48,077$	1,500	12,000	32,001	36,335
ŠD 0/22	C	$y = 112,90 x + 1,887$	$y = 11,000 x + 30,000$	$y = 1,500 x + 72,000$	$y = 1,500 x + 72,000$	0,116	1,818	8,667	12,000
	D	$y = 5,000 x + 8,000$	$y = 3,625 x + 18,000$	$y = 1,500 x + 52,000$	$y = 1,500 x + 52,000$	1,400	8,828	22,000	25,333
ŠD 0/32	E	$y = 48,000 x + 9,000$	$y = 5,500 x + 31,000$	$y = 2,375 x + 50,000$	$y = 0,750 x + 76,000$	0,125	3,455	14,737	18,667
	F	$y = 6,000 x + 8,000$	$y = 2,000 x + 23,000$	$y = 1,154 x + 48,077$	$y = 1,154 x + 48,077$	1,167	13,500	32,001	36,335

5.2. Ověření filtrační funkce geotextilií

Pro ověření podmínky d), tj. zabránění vnikání jemných částic materiálu konstrukční vrstvy do výplně trativodu, byly řešením rovnic regrese stanoveny hodnoty průměru zrna materiálů konstrukčních vrstev při 90 % propadu. Řešení rovnic regrese probíhalo stejným způsobem jako v kapitole 5.1 a tyto rovnice jsou spolu s hodnotami d_{90} uvedeny v Tab. 3.

Posouzení, zda geotextilie s filtrační funkcí splňují technické požadavky podle Tab. 1. a je dodržena jejich propustnosti kolmo na rovinu výrobku podle podmínky e), vycházelo z výběru ověřovaných geotextilií. Cílem nebylo posoudit co největší množství výrobků, ale pouze uvést příklady a poukázat na některé skutečnosti související s volbou geotextilie. Podle platného seznamu používaných stavebních výrobků, pro které bylo vydáno osvědčení od SŽDC [5], bylo posouzeno od 5 výrobců 21 různých typů výrobků. V technické dokumentaci se při návrhu geotextilie s filtrační nebo separační funkcí uvádí její plošná hmotnost a vzhledem k tomu, že v žádném současném předpisu není doporučena její hodnota, byly výrobky vybrány na základě této technické vlastnosti v rozmezí $100\text{--}400\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$.

Samotné ověření těchto podmínek spočívalo v porovnání parametrů uvedených v technických listech výrobků [6–11] s požadavky podle Tab. 1., které musí geotextilie s filtrační funkcí splňovat. Seznam výrobků a výpis jejich technických vlastností potřebných pro posouzení je uveden v Tab. 4.

Tab. 4. Technické vlastnosti geotextilií s filtrační funkcí [6–11]

Výrobce adresa	Geotextilie	Plošná hmotnost	Velikost průlin	Protažení při porušení		Odolnost proti statickému protržení (CBR)	Propustnost vody kolmo k rovině výrobku
				podélné	příčné		
		[g/m ²]	[mm]	[%]	[%]	[kN]	[m/s]
Geo-tipptex Kft. Maďarsko	BS 15	200	0,090	45	50	2,600	0,060
	BS 25	300	0,070	50	55	4,000	0,030
	BS 30	370	0,070	50	60	5,000	0,030
FIBERTEX a.s. Svitavy	F-200M	200	0,100	65	80	1,800	0,080
	F-300M	300	0,070	65	65	3,890	0,050
	F-32	175	0,085	45	50	2,000	0,040
	F-50	300	0,065	50	55	4,375	0,030
Geomat s.r.o. Brno	NTB 10/200	200	0,070	50	50	2,300	0,040
	NTB 10/300	300	0,060	50	50	3,800	0,040
	NTB 10/400	400	0,050	50	50	4,400	0,040
	NTI - BS12	145	0,080	40	45	2,000	0,100
	NTI - BS16	200	0,080	45	45	2,800	0,070
	NTI - BS25	300	0,070	50	50	4,200	0,045
JUTA a.s. Dvůr Králové n. Labem	NTI - B24	400	0,080	60	60	5,000	0,050
	A PP ULVS 200	200	0,080	80	90	2,200	0,078
	A PP ULVS 300	300	0,065	85	90	3,300	0,034
	A PP ULVS 400	400	0,067	65	80	4,900	0,034
TenCate Geosynthetics CZ Praha 2	TS 40	180	0,100	100	40	2,100	0,100
	TS 50	200	0,100	100	40	2,350	0,090
	TS 70	325	0,090	100	40	3,850	0,060
	TS 80	385	0,090	100	40	4,400	0,055

6. VÝSLEDKY A SHRUNTÍ

6.1. Bez použití filtrační geotextilie

Celkem bylo posouzeno 88 různých materiálů výplně trativodu z 28 kamenolomů vůči 3 materiálům konstrukčních vrstev. Vzhledem k velkému množství zpracovaných dat jsou v příspěvku uvedeny výsledky 15 materiálů výplně trativodu, které byly vybrány na základě maximální a minimální velikosti průměru zrna (viz Tab. 2.). Pro každou frakci byly ověřeny dva materiály z různých kamenolomů kromě frakce 8/22 (d/D), pro kterou byly získány podklady pouze z jedné těžebny. Výsledky ověření podmínek filtračního kritéria mezi materiály výplně trativodu a konstrukčních vrstev jsou uvedeny v Tab. 5, 6, 7.

Kamenolom	Štěrk frakce	Štěrkopísek fr. 0/32: mez A				Štěrkopísek fr. 0/32: mez B			
		$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$	$\frac{D_{30}}{d_{50}} \leq 25$	$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5$		$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$	$\frac{D_{30}}{d_{50}} \leq 25$	$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5$	
Deštná	8/11	0,843	5,384	67,434	Vyhoví	0,263	0,808	5,619	Vyhoví
Valšov I.		0,802	5,197	64,183	Vyhoví	0,251	0,780	5,349	Vyhoví
Chraberce	8/16	0,824	5,752	65,930	Vyhoví	0,258	0,863	5,494	Vyhoví
Písek		1,007	7,302	80,572	Vyhoví	0,315	1,095	6,714	Vyhoví
Kladno	8/22	0,967	7,874	77,376	Vyhoví	0,302	1,181	6,448	Vyhoví
Jakubčovice	8/32	1,312	12,370	104,973	Vyhoví	0,410	1,856	8,748	Vyhoví
Podhůra		0,987	11,040	78,979	Vyhoví	0,308	1,656	6,582	Vyhoví
Chraberce	11/16	1,178	7,570	94,242	Vyhoví	0,368	1,136	7,854	Vyhoví
Chrtínky		1,126	7,379	90,062	Vyhoví	0,352	1,107	7,505	Vyhoví
Bohučovice	11/22	1,178	8,596	94,241	Vyhoví	0,368	1,289	7,853	Vyhoví
Plešovice		1,408	10,194	112,640	Vyhoví	0,440	1,529	9,387	Vyhoví
Chlum	16/22	1,665	10,647	133,180	Vyhoví	0,520	1,597	11,098	Vyhoví
Podhůra		1,605	10,394	128,361	Vyhoví	0,501	1,559	10,697	Vyhoví
Bohučovice	16/32	1,915	14,216	153,205	Vyhoví	0,598	2,132	12,767	Vyhoví
Kobylí		1,609	11,242	128,757	Vyhoví	0,503	1,686	10,730	Vyhoví

Tab. 5. Výsledky filtračního kritéria pro štěrkopísek frakce 0/32 (d/D)

Kamenolom	Štěrk frakce	Štěrkodrt fr. 0/22: mez C				Štěrkodrt fr. 0/22: mez D			
		$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$	$\frac{D_{30}}{d_{50}} \leq 25$	$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5$		$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$	$\frac{D_{30}}{d_{50}} \leq 25$	$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5$	
Deštná	8/11	0,973	5,331	72,574	Vyhoví	0,383	1,098	6,021	Vyhoví
Valšov I.		0,926	5,145	69,076	Vyhoví	0,365	1,060	5,731	Vyhoví
Chraberce	8/16	0,951	5,695	70,956	Vyhoví	0,375	1,173	5,887	Vyhoví
Písek		1,162	7,229	86,715	Vyhoví	0,458	1,489	7,194	Vyhoví
Kladno	8/22	1,116	7,795	83,275	Vyhoví	0,440	1,606	6,909	Vyhoví
Jakubčovice	8/32	1,514	12,247	112,976	Vyhoví	0,596	2,522	9,373	Vyhoví
Podhůra		1,139	10,930	84,999	Vyhoví	0,449	2,251	7,052	Vyhoví
Chraberce	11/16	1,359	7,495	101,426	Vyhoví	0,535	1,544	8,414	Vyhoví
Chrtínky		1,299	7,305	96,928	Vyhoví	0,512	1,505	8,041	Vyhoví
Bohučovice	11/22	1,359	8,510	101,426	Vyhoví	0,535	1,753	8,414	Vyhoví
Plešovice		1,625	10,092	121,227	Vyhoví	0,640	2,079	10,057	Vyhoví
Chlum	16/22	1,921	10,540	143,332	Vyhoví	0,757	2,171	11,891	Vyhoví
Podhůra		1,851	10,290	138,147	Vyhoví	0,729	2,119	11,461	Vyhoví
Bohučovice	16/32	2,210	14,074	164,884	Vyhoví	0,870	2,899	13,679	Vyhoví
Kobylí		1,857	11,129	138,573	Vyhoví	0,732	2,292	11,496	Vyhoví

Tab. 6. Výsledky filtračního kritéria pro štěrkodrt frakce 0/22 (d/D)

Kamenolom	Štěrk frakce	Štěrkodrt fr. 0/32: mez E				Štěrkodrt fr. 0/32: mez F			
		$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$	$\frac{D_{30}}{d_{50}} \leq 25$	$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5$		$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$	$\frac{D_{30}}{d_{50}} \leq 25$	$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5$	
Deštná	8/11	0,572	2,806	67,434	Vyhoví	0,263	0,718	7,225	Vyhoví
Valšov I.		0,544	2,708	64,183	Vyhoví	0,251	0,693	6,877	Vyhoví
Chraberce	8/16	0,559	2,997	65,930	Vyhoví	0,258	0,767	7,064	Vyhoví
Písek		0,683	3,805	80,573	Vyhoví	0,315	0,974	8,633	Vyhoví
Kladno	8/22	0,656	4,103	77,376	Vyhoví	0,302	1,050	8,290	Vyhoví
Jakubčovice	8/32	0,890	6,446	104,974	Vyhoví	0,410	1,649	11,247	Vyhoví
Podhůra		0,670	5,752	78,979	Vyhoví	0,308	1,472	8,462	Vyhoví
Chraberce	11/16	0,799	3,944	94,242	Vyhoví	0,368	1,009	10,097	Vyhoví
Chrtínky		0,764	3,845	90,062	Vyhoví	0,352	0,984	9,650	Vyhoví
Bohučovice	11/22	0,799	4,479	94,242	Vyhoví	0,368	1,146	10,097	Vyhoví
Plešovice		0,955	5,312	112,640	Vyhoví	0,440	1,359	12,069	Vyhoví
Chlum	16/22	1,130	5,548	133,180	Vyhoví	0,520	1,420	14,269	Vyhoví
Podhůra		1,089	5,416	128,362	Vyhoví	0,501	1,386	13,753	Vyhoví
Bohučovice	16/32	1,300	7,407	153,205	Vyhoví	0,598	1,896	16,415	Vyhoví
Kobylí		1,092	5,858	128,757	Vyhoví	0,503	1,499	13,795	Vyhoví

Tab. 7. Výsledky filtračního kritéria pro štěrkodrt frakce 0/32 (d/D)

Z předložených výsledků je zřejmé, že podmínky filtračního kritéria jsou mezi všemi posuzovanými materiály spolehlivě splněny. Nejvíce se mezní hranici podmínky c) přiblížila hodnota 5,349 při posouzení štěrkopísku frakce 0/22 (materiál konstrukční vrstvy) a štěrku frakce 8/11 z kamenolomu Valšov I. (viz Tab. 5.). Samotná hodnota 5 v této podmínce zaručuje podstatně vyšší propustnost výplně trativodu vůči materiálu konstrukční vrstvy.

6.2. Geotextilie s filtrační funkcí

V následující tabulce jsou uvedeny výsledky podmínek ověření filtrační funkce geotextilií.

Geotextilie	Plošná hmotnost	Protažení při porušení		Odolnost proti statickému protřžení (CBR)	Podmínka: e)	Podmínka: d)
		podélné	příčné		$k_{gn} > 0,001 > 0,0001$	$d_{tmax} < 36,335 \text{ mm}$ $< 25,333 \text{ mm}$ $< 36,335 \text{ mm}$
	[g/m ²]	[%]	[%]	[kN]	[m/s]	[mm]
BS 15	200	45	50	2,600	0,060	0,090
BS 25	300	50	55	4,000	0,030	0,070
BS 30	370	50	60	5,000	0,030	0,070
F-200M	200	65	80	1,800	0,080	0,100
F-300M	300	65	65	3,890	0,050	0,070
F-32	175	45	50	2,000	0,040	0,085
F-50	300	50	55	4,375	0,030	0,065
NTB 10/200	200	50	50	2,300	0,040	0,070
NTB 10/300	300	50	50	3,800	0,040	0,060
NTB 10/400	400	50	50	4,400	0,040	0,050
NTI - BS12	145	40	45	2,000	0,100	0,080
NTI - BS16	200	45	45	2,800	0,070	0,080
NTI - BS25	300	50	50	4,200	0,045	0,070
NTI - B24	400	60	60	5,000	0,050	0,080
A PP ULVS 200	200	80	90	2,200	0,078	0,080
A PP ULVS 300	300	85	90	3,300	0,034	0,065
A PP ULVS 400	400	65	80	4,900	0,034	0,067
TS 40	180	100	40	2,100	0,100	0,100
TS 50	200	100	40	2,350	0,090	0,100
TS 70	325	100	40	3,850	0,060	0,090
TS 80	385	100	40	4,400	0,055	0,090

Tab. 8. Výsledky ověření filtrační funkce geotextilií

Porovnáním hodnot bylo zjištěno, že u červeně označených typů geotextilií jejich některé technické parametry nesplňují požadavky podle Tab. 1. i přes to, že jsou označovány jako geotextilie s filtrační funkcí.

Z ověření podmínky d) je patrné, že velikost průlin geotextilie nesmí být větší než 36,335 mm v případě použití štěrkodrtě a štěrkopísku frakce 0/32 (d/D) a větší než 25,333 mm v případě štěrkodrtě frakce 0/22 (d/D).

Dále lze říci, že propustnost kolmo na rovinu výrobku charakterizovaná podmínkou e) je zpravidla větší pro geotextilie s menší plošnou hmotností od stejného výrobce a současně s rostoucí hmotností se zmenšují velikost jejich průlin. Tato skutečnost však neplatí vždy (například hodnota filtračního součinitele k_{gn} je pro geotextilie typu NTB o různé hmotnosti stejná) a z toho vyplývá, že plošná hmotnost není závislá na ostatních technických parametrech. Vzhledem k tomu, že se obecně výrobky v technických výkresech označují popisem charakterizujícím jejich účel, není v tomto případě zcela rozumné uvádět tuto technickou vlastnost.

7. ZÁVĚR

Z dosažených výsledků filtračního kritéria mezi materiály výplně trativodu a konstrukčních vrstev lze konstatovat, že je zabráněno vzájemnému promíchání obou materiálů, škodlivému přemísťování zrn v kontaktní zóně výplně trativodu/konstrukční vrstva a je zajištěna dostatečná propustnost výplně trativodu. Nelze tedy doporučit návrh konstrukce trativodu se zásypem obaleným geotextilií podle Obr. 1. b). Jak je současně patrné, křivka zrnitosti materiálu výplně trativodu hraje důležitou roli při samotném ověření filtračního kritéria. Z rozdílné velikosti průměru zrna výplně trativodu je vyplývá, že obsah zrn v procentuální hmotnosti na jednom síti se pro stejné frakce od různých dodavatelů podstatně liší a při objednání určitého materiálu nemusí být zaručena jeho požadovaná frakce. Stanovením mezních křivek zrnitosti pro materiály, které se smí používat jako výplň trativodu by se tomuto problému předešlo. Jelikož se TNŽ 73 6949 nezabývá ověřením filtračního kritéria mezi posuzovanými materiály, bylo by vhodné normu doplnit o podmínky kritéria s upraveným označením proměnných právě pro tento případ.

Použití filtrační geotextilie v konstrukci trativodu je spojené s dalšími problémy a jedním z nich je ověření, zda nedojde k vnikání jemných částic do výplně trativodu. Tato podmínka platí zejména pro posouzení zeminy, v níž je trativodní rýha zřízena. V našem případě se jedná o posouzení vůči materiálu konstrukční vrstvy a splněním této podmínky vzniká nebezpečí propadu 90 % obsahu zrn tohoto materiálu. Nelze tedy vyloučit, že daným otvorem propadne zrno materiálu konstrukční vrstvy o větší velikosti než je maximální přípustná velikost zrna dané frakce a tudíž se tato podmínka v tomto případě nedá použít. Dále by se použití geotextilií s filtrační funkcí, pro které je vydané osvědčení od SŽDC a nejsou splněny všechny požadavky na jejich technické vlastnosti, mělo v praxi zakázat, jelikož nemusí být vždy za všech okolností zaručena jejich filtrační funkce.

Z výše uvedených závěrů vyplývají tato doporučení:

- ze vzorového listu železničního spodku Ž 3.21, Obrázek 1 Příčné řezy trativodů s jednotnou výplní vypustit variantu b).
- V předpisu SŽDC S4 Železniční spodek, Příloha 19 upravit článek 2 takto:
výplň trativodu musí být propustná, nesmí být namrzavá a musí vyhovět filtračnímu kritériu vůči zemině trativodní rýhy a materiálu konstrukční vrstvy. Nevyhoví-li výplň trativodu filtračnímu kritériu, vloží se mezi zeminu a výplň trativodu geotextilie s filtrační funkcí.
- Dále do této přílohy doplnit požadavky na zrnitostní složení materiálů, které smí být používány do zásypu trativodní rýhy včetně jejich křivek zrnitosti a tabulek s číselným vyjádřením propadu zrn v procentuální hmotnosti.
- Do TNŽ 73 6949, Příloha 1, bod 3. Filtrační kritérium doplnit odstavcem a tyto podmínky:
aby materiál konstrukční vrstvy nebyl vtlačován do výplně trativodu, musí splňovat kritéria:

$$a) \frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$$

$$b) \frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 25$$

$$c) \frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5$$

kde: $D_{15,50}$ je průměr zrna materiálu výplně trativodu při 15 % a 50 % propadu odečtený z křivky zrnitosti [mm],

$d_{15,50,85}$ je průměr zrna materiálu konstrukční vrstvy při 15 %, 50 %, a 85 % propadu odečtený z křivky zrnitosti [mm].

Literatura

- [1] Ž3. *Vzorový list železničního spodku: Odvodňovací zařízení*. Praha: ČD, 2001.
- [2] TNŽ. *Odvodnění železničních tratí a stanic*. 2002.
- [3] SŽDC S4. *Železniční spodek*. Praha: SŽDC, 2008.
- [4] OTP. *Geotextilie v tělese železničního spodku*. 2004.
- [5] SŽDC. *Přehled vydaných Osvědčení SŽDC pro stavební výrobky z oblasti železničního spodku* [online]. 2014, poslední revize 13.8.2014 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <<http://www.szdc.cz/provozuschopnost-drahy/technicke-pozadavky/zeleznicni-spodek/sezn-osvec06-13.pdf>>.
- [6] GEO-TIPPTEx. *Technické specifikace* [online]. 2013, poslední revize 17.9.2013 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.amet-geo.cz/images/stories/Materialy/obr_TiPPTEx_BS_B/Tipptex%20BS-B.pdf>.
- [7] FIBERTEX. *Produktový list* [online]. 2014, poslední revize 15.5.2014 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <<http://www.fibertex.com/SiteCollectionDocuments/Datasheets/Data%20sheet%20400%20CZ.pdf>>.
- [8] GEOMAT. *Technické specifikace* [online]. 2014, [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <<http://www.geomat.cz/chci-vyrobky/geomatex-ntb-10/>>.
- [9] GEOMAT. *Technické specifikace* [online]. 2014, [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <<http://http://www.geomat.cz/chci-vyrobky/geomatex-nti/>>.
- [10] JUTA. *Technical data* [online]. 2010, poslední revize 12.5.2010 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <<http://www.juta.co.uk/wp-content/uploads/2011/11/geo-Netex-A-PP-UVLS.pdf>>.
- [11] TENCATE. *Technická data* [online]. 2010, poslední revize 11.5.2010 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.tencate.com/emea/Images/502644%20_%20technical%20data%20_%20ts%20_%20en_tcm28-7536.pdf>.

Recenzoval

Richard Svoboda, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb, zástupce vedoucího ústavu, Veveří 331/95, 602 00 Brno, svoboda.r@fce.vutbr.cz